

## 明 細 書

## 磁気ディスク用グライドヘッド

## 技術分野

[0001] 本発明は磁気ディスクの製造検査等に使用されるグライドヘッドに関する。

## 背景技術

[0002] ハードディスク装置に使用される磁気ディスクは、円盤状のガラスあるいはアルミニウム等の非磁性材基板を用いている。非磁性材基板の表面に磁性膜と主に炭素からなる保護膜とを成膜し、その上にフルオロカーボン系の潤滑剤を塗布している。このように作られた磁気ディスクは磁気ヘッドと組み合わせ、情報を記録あるいは再生する記録装置として用いられている。磁気ディスク用グライドヘッド(以降、単にグライドヘッドと呼称することもある)は、この磁気ディスクの表面に発生した微小な突起あるいは異物等(以降、欠陥と称する)を検出するためのセンサーとして、磁気ディスクの検査工程で用いられている。グライドヘッドは数種実用化されているが、圧電素子を搭載したものとヘッド外部にAE (Acoustic Emission) センサーを取り付けたものが主流となっている。圧電素子方式とAE方式とは、磁気ディスクの表面に発生した微小な欠陥にグライドヘッドのスライダーが衝突して生じる振動を電圧に変換する方式が異なるだけなので、この明細書では圧電素子方式でグライドヘッドの説明を行う。

[0003] 圧電素子をスライダーに搭載したグライドヘッドは、特許文献1に記載されている。図15に、圧電素子をスライダーに搭載した特許文献1に記載されているグライドヘッドを斜視図で示す。スライダー10は、一对のスライディングレール30を有する。スライダー10の側面に張り出し部12が設けられ、張り出し部12のスライダー背面に圧電素子40が取り付けられている。圧電素子40の出力電圧は圧電素子を構成する結晶の分極方向の両端からリード線42により取り出され、サスペンションアーム50に設けた絶縁性チューブ52のなかを通して外部に出力される。以後、説明を判り易くするため、同一の部品および部位には同じ符号を用いている。

[0004] グライドヘッドの動作原理を、図16を用いて簡単に説明する。スライダー10の背面にサスペンションアーム50に設けられたフレキシャー60が取り付けられている。フレ

キシャー60に形成されたピボット65の頂点をスライダー背面に押し当ててスライダー10にサスペンションアーム50から荷重を加えてスライダーを磁気ディスク70に押付けている。ピボット65を支点としてスライダー10が、僅かであるが上下左右に動くことができる。ピボット65がスライダーに荷重を与える位置が荷重点となる。図16では、圧電素子やリード線等を省略している。スライダー10が磁気ディスク70の回転に伴う空気流(図16に矢印で示している)の作用により浮上する。空気はスライダーの先端から後端に向かって流れる。グライドヘッドの浮上高さ $h$ は種々の要素で決まるが、主に空気の流速と、スライダーのスライディングレール幅と、荷重とによって決まる。レール幅と荷重とはグライドヘッドの構造によって決まっているため、磁気ディスク70の回転数と磁気ディスク上のグライドヘッド位置(磁気ディスク上の半径位置)によって決まる線速度でグライドヘッドの浮上高さが決まる。線速度を磁気ディスク面内で一定となるように磁気ディスク上でグライドヘッドの位置に応じて磁気ディスク回転速度を変えて、グライドヘッドを磁気ディスク70から一定の浮上高さ $h$ に浮上させることができる。

[0005] 一般に、グライドヘッドは、磁気ディスク面内を一定の条件、すなわち、浮上高さ $h$ を磁気ディスク面内で一定とし、かつ、欠陥とグライドヘッドとの衝突時に発生するエネルギーを揃える(欠陥とグライドヘッドとの相対速度を一定にする)ために、線速度を磁気ディスク面内で一定としている。また、浮上高さや飛行時の姿勢を磁気ディスク面内で一定とするために、グライドヘッドのスライダーは磁気ディスク上のいずれの位置においても、スライダーが飛行する磁気ディスク上の円の接線に対してスライダーの進む方向(YAW角)は一定であり、通常0°でグライドヘッドテストが行われる。スライダー10が磁気ディスク70上の欠陥72に接触あるいは衝突すると、衝突により発生する振動がスライダー10を伝わって圧電素子40を振動変形させる。圧電素子40の電極に電荷が誘起されるので、リード線42から電極間電圧を取り出し欠陥72の検出ができる。所定の浮上高さ $h$ をもつスライダー10が磁気ディスクの面上で移動すると、浮上高さ $h$ よりも高い欠陥72にスライダー10が接触(衝突)する。このとき発生する圧電素子の電圧と磁気ディスクの位置とを知れば、磁気ディスク表面にある規格外の大陥を検知することができる。

[0006] このような原理で動作するグライドヘッドでは一般的に空気流入溝の両側に正の浮

上圧力を発生させるスライディングレール2本が突出形成されている。2本のスライディングレールを用いているので、飛行時の姿勢を安定に保つことができる。

[0007] 近年の磁気ディスク装置の高容量化と小型化、つまり高記録密度化は猛烈な勢いで進んでいる。記録密度を上げるために、記録ビットの幅と長さはますます小さくなり、それに伴い磁気ヘッドの狭トラック幅化と磁気ギャップの狭ギャップ化が進んでいる。また、磁気ヘッドを磁気ディスク径方向へ高速で移動させるため、磁気ヘッドスライダーも小型化している。記録密度を上げるため、12nm以下の磁気ディスクと磁気ヘッドとの隙間、即ち磁気ヘッドスライダーの浮上高さ $h$ が求められるようになってきた。

[0008] 磁気ヘッドが磁気ディスク上を浮上し、情報の記録や再生を行う場合、磁気ディスク表面に磁気ヘッドのスライダーの浮上高さよりも高い欠陥があると、スライダーが磁気ディスクと衝突を起こし、正確な情報の記録や再生ができなくなる。また、データの破損や磁気ディスク装置の故障を引き起こす原因にもなる。そのために、磁気ディスク表面の欠陥は磁気ヘッドのスライダーの浮上高さより低くする必要がある。スライダーの浮上高さの極小化に伴って、磁気ディスクの欠陥に許容される高さはますます低くなる傾向にあり、その高さ要求は9nm以下になってきている。

[0009] グライドヘッドの浮上高さを下げることは、線速度が同じであればスライダーのスライディングレール幅を狭くするか、荷重を大きくすることで実現できる。荷重を大きくすると、スライダーが磁気ディスク表面から浮上するまでの時間がかかり、また磁気ディスクに傷を付ける危険が大きくなるため、余り好ましくない。また、荷重点を変えずに荷重を大きくすると、スライダーのピッチ角が小さくなるため、グライドヘッドの感度低下を招くため好ましくない。荷重を変えずに浮上高さを下げるには、浮揚力を発生しているレールの幅を小さくすることが有効である。しかし、レール幅を小さくして浮上高さを下げると浮上高さ $h$ を決めているレールの後端が欠陥の検出部でもあるので、欠陥検出をする部分の幅が小さくなる。磁気ディスク表面の全面を検査するには、磁気ディスクのある半径位置にグライドヘッドを止めて検査をするごとにグライドヘッドを少なくともレール幅間隔で磁気ディスクの径方向に移動し、それを繰り返して磁気ディスク全面の検査をするので、検査に時間がかかるという問題がある。磁気ディスクの径方向へのグライドヘッドの移動幅を欠陥検出レール幅よりも一般的に狭くし、磁気ディス

クのある半径位置での欠陥検出を同一レーンで複数回行い、欠陥検出の精度をより向上させている。そのために、レーン幅を狭くすると検査時間が長くなり、検査に要するコストがかさむ。

[0010] 磁気ディスク上の高さの低い欠陥を確実に検出するには、欠陥との衝突に敏感に反応する高感度グライドヘッドが必要となってきた。検出しなければならない欠陥の高さが低いと、一般にその欠陥の体積が減少し、欠陥とグライドヘッドスライダーとの衝突で発生する振動が小さくなるためである。グライドヘッドの欠陥検出感度を上げるには、欠陥とグライドヘッドスライダーとの衝突時の力を、スライダーの振動に変換する効率を上げる必要がある。

[0011] 磁気ディスク装置がコンピューターだけでなく、テレビ等の録画やコピー機等々幅広い分野に使われるようになるに従い、数量の増加と価格の低下の要求が強くなって来ている。このような要求を満たすには、磁気ディスクそのものの製造技術や製造工程等の検討の他に、検査工程の効率化が求められる。検査工程の一つであるグライドヘッド検査では、それに用いるグライドヘッドの長寿命化が最も重要である。グライドヘッドの長寿命化、すなわち1本のグライドヘッドで検査できる磁気ディスクの枚数を増やすことにより、グライドヘッド自体の使用量を低減することができる。また、グライドヘッド検査機のグライドヘッドを交換するには時間がかかり、その間ディスクの検査が出来なくなる。グライドヘッドを長寿命化して、グライドヘッドの使用量を減らして、グライドヘッドの交換頻度を減らすことで検査機の稼働時間が長くなり、磁気ディスクの製造コストの低減と生産量の増加が可能となる。

[0012] グライドヘッドの寿命は、出力電圧の値で判定する。グライドヘッドを磁気ディスクの検査に用いる前に、基準の欠陥高さを持つバンプディスクを用いて出力電圧 $V_0$ を測定する。決められた枚数の磁気ディスク検査を行った時点で、測定精度の確認のため、バンプディスクを用いてグライドヘッドの出力電圧 $V_1$ を測定する。例えば、 $V_1$ が $V_0$ と殆んど変わらなければ、そのグライドヘッドはまだ使えることと、検査した磁気ディスクは正常に検査されたと判断できる。 $V_1$ が $V_0$ の60%の値まで低下していたら、グライドヘッドの交換時期で寿命が来たと判断するとともに、これまでに検査した磁気ディスクは正常に検査されたと判断する。 $V_1$ が $V_0$ の30%の値となっていたら、グライ

ドヘッドの交換だけでなく、グライドヘッドに異常があったと判断し検査した磁気ディスクの再検査を行う。これらのV1の値や再検査を実施するかどうかの判断は、グライドヘッドの使用者が行う。また、V1とV0の比率に代えて、V1の値で寿命を決めることもできる。

- [0013] グライドヘッドの出力低下の原因は、圧電素子そのものの劣化とスライダーの磨耗による浮上高さの変化が考えられる。寿命が来たとして交換された数多くのグライドヘッドを調査したところ、圧倒的にスライダーの磨耗による浮上高さの変化が原因であった。このことから、長寿命のグライドヘッドを得るためには、耐磨耗性の高いグライドヘッドを得る必要がある。

特許文献1: 特開平11-16163号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0014] 本発明の目的は、グライドヘッドと磁気ディスク欠陥との衝突時に発生する振動を効率良く圧電素子に伝えられる高感度で、耐磨耗性の高く長寿命な磁気ディスク用グライドヘッドを提供することである。

#### 課題を解決するための手段

- [0015] 本発明の磁気ディスク用グライドヘッドは、サスペンションアームと、スライダー背面をフレキシャーを介してサスペンションアーム先端に弾性的に取り付けられているとともに、スライダー背面の荷重点にフレキシャーに設けられたピボットによってサスペンションアームからの押圧力が加えられているスライダーとを有す。そのスライダーは、背面と反対の下面に、下面から突出するとともにスライダー先端からスライダー後端まで間隔を開けて平行に延びており、磁気ディスク上の欠陥と遭遇するセンサーとして機能する後端をスライダー後端近くに有する2本のスライディングレールと、背面に取り付けられた、欠陥による機械的エネルギーを電気信号へ変換するトランスデューサーと、2本のスライディングレール間の実質上中央線上にある荷重点とを持つ。各スライディングレールはスライダーの浮上ピッチ角が $140$ から $380\mu\text{rad}$ . となるように、スライダー先端から荷重点までの領域にある上流浮上面と荷重点からスライダー後端までの領域にある下流浮上面とを持っている。

- [0016] 前記磁気ディスク用グライドヘッドは各スライディングレールの上流浮上面長さが、上流浮上面長さと同下流浮上面長さとの合計対比で0.67から0.91であることが好ましい。前記比は0.75から0.85であることが更に好ましい。
- [0017] 前記磁気ディスク用グライドヘッドはスライディングレールの上流浮上面が下流浮上面に連続していることができる。あるいは、2本のスライディングレールが横方向に設けられた溝によってそれぞれ上流浮上面と下流浮上面とに分けられていることができる。
- [0018] 本発明の磁気ディスク用グライドヘッドにおいて、上流浮上面が浮上面から0.3から1.0°の角度を持ったテーパ面をその先端から持っていることができる。あるいは上流浮上面がその先端に平坦浮上面を持つことができる。
- [0019] 本発明の磁気ディスク用グライドヘッドにおいて、下流浮上面がスライディングレールの後端に向かって広がっており、2本のスライディングレール後端の合計幅が2本のスライディングレール外側面間距離の1/2以上であることが好ましい。
- [0020] 本発明の磁気ディスク用グライドヘッドでスライダ浮上ピッチ角140から380  $\mu$  rad. は、磁気ディスクとの相対線速度:8から16m/sec、浮上高さ:1から15nm、サスペンションアームの押圧力:9.8から58.8mNの条件下で得られることが好ましい。

#### 発明の効果

- [0021] 本発明の磁気ディスク用グライドヘッドは140から380  $\mu$  rad. の浮上ピッチ角をもつ。浮上ピッチ角が140  $\mu$  rad. 以上になると、磁気ディスク欠陥による出力電圧は、従来の浮上ピッチ角80  $\mu$  rad. を持っているグライドヘッドにおける出力電圧に比べて約2倍以上となる。また、直径1  $\mu$  m以下の小さな欠陥によっても大きな出力電圧が得られ、従来よりも高感度となっている。
- [0022] グライドヘッドの寿命を磁気ディスクを検査してグライドヘッドの交換が必要になるまでに検査をすることができた磁気ディスク枚数で表すと、従来の浮上ピッチ角80  $\mu$  rad. のグライドヘッドに比べて本発明のグライドヘッドでは少なくとも1.2から2倍の磁気ディスク枚数を検査することができ、長寿命となっている。

#### 図面の簡単な説明

- [0023] [図1] 図1は本発明の実施例1のグライドヘッドを示し、その底面から見た斜視図であ

る。

[図2] 図2は本発明の実施例1のグライドヘッドを示し、その底面図である。

[図3] グライドヘッドのスライダーに働く、欠陥によって生じる力 $F$ と距離 $L$ とを従来のグライドヘッド(図3(A))と本発明のグライドヘッド(図3(B))とについて各々説明する説明図である。

[図4] 図4は実施例1のグライドヘッドで浮上ピッチ角( $\mu\text{rad.}$ )の、上流浮上面長さの浮上面全長に対する比率との関係を示すグラフである。

[図5] 図5は実施例1のグライドヘッドで出力電圧( $V$ )の、浮上ピッチ角( $\mu\text{rad.}$ )に対する関係を示すグラフで、各浮上ピッチ角について出力電圧の最大値と最小値との範囲を併せて示している。

[図6] 図6は実施例1のグライドヘッドで出力電圧( $V$ )の欠陥直径との関係を浮上ピッチ角をパラメータとして示すグラフである。

[図7] 図7は実施例1のグライドヘッドで、グライドヘッド交換が必要となるまでに検査をすることができた磁気ディスク枚数を浮上ピッチ角( $\mu\text{rad.}$ )との関係で示して、めグラフである。

[図8] 図8は本発明の実施例2のグライドヘッドを示し、その底面から見た斜視図である。

[図9] 図9は本発明の実施例2のグライドヘッドを示し、その底面図である。

[図10] 図10は実施例2のグライドヘッドで浮上ピッチ角( $\mu\text{rad.}$ )の、上流浮上面長さの浮上面全長に対する比率との関係を示すグラフである。

[図11] 図11は実施例2のグライドヘッドで出力電圧( $V$ )の浮上ピッチ角( $\mu\text{rad.}$ )に対する関係を示すグラフである。

[図12] 図12(A)は本発明の実施例3のグライドヘッドを示す底面図、図12(B)は本発明の実施例3で他の構造をしたグライドヘッドを示す底面図、図12(C)は本発明の実施例3で更に他の構造をしたグライドヘッドを示す底面図、図12(D)は本発明の実施例3で更に他の構造をしたグライドヘッドを示す底面図そして図12(E)は本発明の実施例3で更に他の構造をしたグライドヘッドを示す底面図である。

[図13] 図13は本発明の実施例4のグライドヘッドを示し、その底面から見た斜視図で

ある。

[図14] 図14は本発明の実施例5のグライドヘッドを示し、その底面から見た斜視図である。

[図15] 図15は公知文献に記載されているグライドヘッドの斜視図である。

[図16] 図16はグライドヘッドの働きを説明するための説明図である。

### 符号の説明

- [0024] 10 スライダー  
14 スライダー先端  
16 スライダー後端  
30, 30', 30'' スライディングレール  
32, 32' 上流浮上面  
34, 34' 下流浮上面  
34e, 34e' 後端  
36, 36a, 36b, 36c, 36d, 36e 溝  
40 トランスデューサー(圧電素子)  
50 サスペンションアーム  
67 荷重点  
321, 321' テーパー面

### 発明を実施するための最良の形態

- [0025] 以下図面を参照しながら本発明のグライドヘッドを実施例について詳細に説明する。同じ部品、部位には同一の参照符号を用いる。

#### 実施例 1

- [0026] 本発明の実施例1のグライドヘッドを、図1の底面から見た斜視図及び図2の底面図で示している。グライドヘッドは、スライダー10とサスペンションアーム50とからなっていて、スライダー10はフレキシャーを介してその背面をサスペンションアーム50の先端に弾性的に取り付けられているとともに、その背面にある荷重点にフレキシャーに設けられたピボットによってサスペンションアーム50からの押圧力が加えられている。フレキシャーの構造と、スライダーをサスペンションアームへフレキシャーを介して



取り付けられている構造とは従来のグライドヘッドのものと同じなので図示をしていない。

スライダー10は、背面と反対の下面（エアーベアリング面と呼ばれることもある）に、下面から突出するとともにスライダー先端14からスライダー後端16まで間隔を開けて平行に延びている2本のスライディングレール30を持つ。フレキシャーに設けられたピボットによってサスペンションアーム50からの押圧力がスライダー10に加えられている荷重点はスライダーの背面にあるが、荷重点に対応するスライダー下面における点を説明の便宜上、荷重点67と呼ぶ。荷重点67は2本のスライディングレール30間の実質上中央線上に位置する。荷重点67は2本のスライディングレール30間の中央線上に位置するのが最も好ましいが、中央線からスライダー幅（2本のスライディングレール外側面間距離）の1/10以内左あるいは右に偏った位置にあることができる。荷重点67が中央線からスライダー幅の1/10以内偏った位置にあると、グライドヘッドのロール角を $\alpha 10 \mu \text{rad}$ . 以内に保つことができる。各スライディングレール30が磁気ディスク上の欠陥と遭遇するセンサーとして働く後端34eをスライダー後端16近くに持つ。スライダー10はその背面に取り付けられた圧電素子であるトランスデューサー40を持っており、スライディングレール後端34eが磁気ディスク上の欠陥と遭遇したときに、欠陥によって生じた機械的エネルギーを電気信号に変換して欠陥を検出する。図1と図2に示すグライドヘッドでは、スライダー10は一方の側に張り出し部12を持ち、トランスデューサー40がその張り出し部12の背面に取り付けられている。

[0027] ここでスライダー10はアルミナ・チタンカーバイド( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ )で作られており、スライダー長さ $L_{10}$ : 25mm、スライダー幅 $W_{10}$ : 0.9mm、スライダー高さ $H_{10}$ : 0.4mmである。2本のスライディングレール30は、長さ $L_{30}$ : 22mm、レール幅 $W_{30}$ : 0.165mmである。スライディングレール30のスライダー後端16に面取りが施され、その長さ $L_{341}$ が0.03mmとなっている。

[0028] スライディングレール30それぞれの下面が浮上面を構成している。左右のスライディングレール30にある浮上面は実質的に同じレベルにあり、グライドヘッドが磁気ディスクと相対的にある線速度で走行したときに流入する空気流によって浮上力を生じる。スライディングレール30の浮上面には、浮上面に対して0.3から1.0°の角度を持ったテーパ面321をその先端から持ってあり、グライドヘッドが磁気ディスクから

浮上し始めるときに揚力が大きくなるようになっている。ここでテーパー面321の長さ $L_{321}$ が0.2mmとなっている。

- [0029] 各スライディングレールの浮上面が、スライダー先端14から荷重点67までの領域にある上流浮上面32と荷重点67からスライダー後端16までの領域にある下流浮上面34とからなっている。上流浮上面32は小さな角度(0.3から1.0°)を持っているテーパー面321を含んでいる。しかし、レール後端にある面取り部341は、角度が約20°と大きく揚力がほとんどないので下流浮上面34には含めない。荷重点67がスライダー先端から0.98mmのところに位置しているため、上流浮上面32の長さ $L_{32}$ が0.98mmで、下流浮上面34の長さが0.24mmである。浮上面全体に揚力が働くが、荷重点67よりもスライダー先端14側にある上流浮上面32に働く揚力が大きいためにスライダー先端14がスライダー後端16よりも高くなり浮上ピッチ角が生じる。この実施例のグライドヘッドでは上流浮上面32の長さ $L_{32}$ の浮上面全長 $L_{30}$ に対する比率が約0.80である。サスペンションアーム50がスライダー10を押し下げる力(荷重、押圧力)を37mNとして、磁気ディスクをグライドヘッドに対して線速度10m/sec.で回転したとき、グライドヘッドの浮上高さがグライドヘッドのスライディングレール後端の高さで約10nm、浮上ピッチ角が約270 $\mu$ rad.であった。押圧力を20mNとして、線速度を15m/sec.としたときの浮上ピッチ角は約380 $\mu$ rad.であった。

- [0030] 浮上ピッチ角に関しては、従来のグライドヘッドにおける浮上ピッチ角80から100 $\mu$ rad.と比べて2から4倍の大きさとなっているので、下に説明するように、グライドヘッドの感度と寿命の面で大幅に改善されている。

- [0031] グライドヘッドは荷重点を支点として振動する。磁気ディスクの欠陥とグライドヘッドのスライディングレール後端との衝突によって生じる振動の大きさは、荷重点から欠陥を検出するスライディングレール後端までの距離 $L$ と、欠陥による力 $F$ との積である回転トルク $T$ で考えることができる。グライドヘッドのスライダー10に働く、欠陥によって生じた力 $F$ と距離 $L$ とを従来のグライドヘッドと本発明のグライドヘッドとについてそれぞれ説明図を図3(A)と図3(B)とに示している。本発明のグライドヘッドの浮上ピッチ角が従来の浮上ピッチ角よりも大きいので図3(B)のスライダーの水平線となす角を大きく、図3(A)のスライダーの水平線となす角を小さく描いている。図3(A)で、

荷重点67からスライディングレール後端34eまでの距離 $L_a$ 、欠陥による力 $F$ とすると、力 $F$ は $L_a$ に垂直な成分 $k_a$ と $L_a$ 方向成分 $g_a$ とに分けることができる。トルク $T_a = L_a \times k_a$ によってスライダーの振動が生じる。力 $F$ の $L_a$ 方向成分 $g_a$ がスライディングレール後端と欠陥とがこすりあう力である。図3(B)で、荷重点67からスライディングレール後端34eまでの距離 $L_b$ 、欠陥による力 $F$ とすると、力 $F$ は $L_b$ に垂直な成分 $k_b$ と $L_b$ 方向成分 $g_b$ とに分けることができる。スライダーの振動を生じるトルク $T_b = L_b \times k_b$ であり、 $k_b / k_a$ なので距離 $L_a$ と $L_b$ とが同じ場合、スライダーに振動を与えるトルクに関しても $T_b / T_a$ となる。浮上ピッチ角が2から4倍となると、トルクが20から50%大きくなるので、本発明のグライドヘッドでは従来のものよりも出力電圧が高くなる。力 $F$ の成分 $g_a$ と $g_b$ とを比較すると、 $g_a / g_b$ なので本発明のグライドヘッドは従来のグライドヘッドよりも長寿命であることが期待できる。種々の浮上ピッチ角をもったグライドヘッドを準備して、それらの出力電圧と寿命とに浮上ピッチ角が及ぼす影響を以下に検討する。

[0032] 浮上ピッチ角に及ぼす荷重点の影響

実施例1のグライドヘッドでスライダー先端から荷重点までの距離を変えて上流浮上面長さの浮上面全長に対する比率を0.5から0.95まで変えたグライドヘッドを準備した。サスペンションアームがグライドヘッドを押圧する力を37mNとして、磁気ディスクをグライドヘッドに対して線速度10m/sec.で回転させて、各グライドヘッドの浮上ピッチ角を測定した。浮上ピッチ角は、各グライドヘッドのスライディングレール先端の浮上高さとスライディングレール後端の浮上高さとの差と浮上面全長との比から求めた。ここで求めた浮上ピッチ角( $\mu$ rad.)を上流浮上面長さの浮上面全長に対する比率との関係を図4にグラフで示す。荷重点の位置を変えることによって、浮上ピッチ角を約50 $\mu$ rad. から470 $\mu$ rad. まで変えることができた。しかし、上流浮上面長さ／浮上面全長が0.91を超えると浮上ピッチ角が380 $\mu$ rad. を超えるとともに、不安定となった。

[0033] 出力電圧に及ぼす浮上ピッチ角の影響

実施例1のグライドヘッドについて、80 $\mu$ rad. から470 $\mu$ rad. まで70 $\mu$ rad. 間隔で違った浮上ピッチ角をそれぞれもった7グループのグライドヘッドを準備した。各グル

ープは5本のグライドヘッドから構成されていた。各グループの浮上ピッチ角の平均値が $80 \pm 14 \pm 21 \pm 27 \pm 34 \pm 40 \pm 47 \pm 0 \mu\text{rad}$ であり、各グループ内の浮上ピッチ角が $\pm 5 \mu\text{rad}$ 内に分布していた。グライドヘッドへの荷重を変えてパンプディスクからのグライドヘッドの浮上高さを $10 \pm 2 \text{ nm}$ になるように調整した。使用したパンプディスクに設けられたアルミナの突起(欠陥)は直径 $1 \mu\text{m}$ で高さ $11 \text{ nm}$ の円柱形であった。各グライドヘッドについて圧電素子トランスデューサーの出力電圧を測定し、出力電圧(V)を浮上ピッチ角( $\mu\text{rad}$ )に対して描いたグラフを図5に示す。図5の出力電圧のグラフは各浮上ピッチ角を持つグライドヘッドグループの出力電圧の平均値でプロットしており、出力電圧の最大値と最小値との範囲を併せて示している。なお、ここで測定した出力電圧は圧電素子からの出力電圧を500倍にアンプで増幅して求めた。浮上ピッチ角が大きくなるに従い出力電圧がほぼ直線的に増加し、浮上ピッチ角 $80 \mu\text{rad}$ の出力電圧に対して $470 \mu\text{rad}$ では平均出力電圧が約5倍となった。浮上ピッチ角が大きくなるに従い各グループにある5本のグライドヘッド間での出力電圧のばらつきが大きくなっている。そこで浮上ピッチ角が $400 \mu\text{rad}$ 未満が好ましく、 $380 \mu\text{rad}$ 以下の浮上ピッチ角がより好ましい。浮上ピッチ角が $140 \mu\text{rad}$ 以上になると、従来のグライドヘッドの浮上ピッチ角 $80 \mu\text{rad}$ における出力電圧の約2倍以上の出力電圧が得られた。

[0034] 上で準備したグライドヘッドのうち、浮上ピッチ角 $80 \pm 14 \pm 21 \pm 34 \pm 0 \mu\text{rad}$ のグライドヘッドを用い、直径の異なる欠陥を有するパンプディスクを使用して出力電圧を測定した。パンプディスクに設けたアルミナの欠陥は高さ $11 \text{ nm}$ の円柱形状で、 $0.65 \mu\text{m}$ ,  $0.98 \mu\text{m}$ ,  $1.4 \mu\text{m}$ ,  $1.8 \mu\text{m}$ の直径を持っていた。直径の異なる4種類の欠陥を1枚のパンプディスクの同一半径位置に設け、パンプディスクを交換せずに直径の異なった欠陥の出力電圧を測定した。図6にグライドヘッド5本の平均出力電圧を、欠陥の直径との関係で、浮上ピッチ角 $80 \pm 14 \pm 21 \pm 34 \pm 0 \mu\text{rad}$ をパラメータとして示した。

[0035] 欠陥の直径が大きくなるに従い出力電圧が大きくなった。従来の浮上ピッチ角の $80 \mu\text{rad}$ のグライドヘッドでは、欠陥の直径が $1 \mu\text{m}$ 前後で出力電圧の変化が大きい。浮上ピッチ角が $140 \mu\text{rad}$ 以上のグライドヘッドでは、欠陥の直径が大きくなるに

従い出力電圧がほぼ直線的に増加している。浮上ピッチ角が $140\mu\text{rad}$ . 以上のグライドヘッドは、欠陥の直径が $1\mu\text{m}$ 以下でも大きな出力電圧が得られており、従来よりも高感度になっていることが判る。

[0036] グライドヘッド寿命と浮上ピッチ角との関係

上で準備した浮上ピッチ角 $80, 140, 210, 270, 340, 400, 470\mu\text{rad}$ . のグライドヘッドグループを用いて、磁気ディスクを検査してグライドヘッドの交換が必要になるまでに検査をすることができた磁気ディスクの枚数でグライドヘッド寿命を調べた。グライドヘッドの出力電圧が低下して $0.5\text{V}$ 以下となったときに寿命と判断した。その結果を図7に、グライドヘッド交換までに検査のできた磁気ディスクの検査枚数を浮上ピッチ角との関係で示している。このグラフに各グループのグライドヘッド5本の平均寿命をプロットするとともに、グライドヘッド5本の寿命の分布を併せて示している。浮上ピッチ角が大きくなるに従いグライドヘッド交換までに検査をすることのできた磁気ディスク枚数が増加し、従来の浮上ピッチ角 $80\mu\text{rad}$ . の場合に比べ $140\mu\text{rad}$ . 以上の浮上ピッチ角では1.2から2倍の磁気ディスク枚数を検査することができ、長寿命となったことが判る。

## 実施例 2

[0037] 本発明の実施例2のグライドヘッドを図8に示す底面から見た斜視図および図9に示す底面図であらわしている。実施例2のグライドヘッドは実施例1のものからスライディングレールの構造において遠っているので、スライディングレールについてここで述べる。この実施例においてもサスペンションアーム50からの押圧力がスライダー10に加えられている荷重点に対応するスライダー下面における点を便宜上、荷重点67と呼び、荷重点67がスライディングレール30間の実質上中央線上に位置する。2本のスライディングレール30それぞれはスライダー先端14から荷重点67までの領域にある上流浮上面32' と荷重点67からスライダー後端16までの領域にある下流浮上面34' とが横方向に設けられた溝36によって分けられている。荷重点67がスライダー長さ(1.25mm)の中央すなわち先端から $L_{67}$ :  $0.625\text{mm}$ の位置にある。上流浮上面32' は浮上面から $0.3$ から $1.0^\circ$ の角度をもったテーパ面321' をその先端から持っている。テーパ面321' の長さ $0.2\text{mm}$ を含んで上流浮上面32

’ の長さ $L_{32}$  が0.6mmである。横方向に設けられた溝36の幅すなわちスライディングレール長さ方向の長さが0.45mmである。そしてレール後端にある面取り部341’ は角度が約 $20^\circ$  と大きく揚力に寄与しないので下流浮上面34’ に含めないの、下流浮上面34’ の長さ $L_{34}$  が0.16mmである。このグライドヘッドでは上流浮上面32’ の長さ $L_{32}$  の浮上面全長( $L_{32} + L_{34}$ )に対する比率が約0.79である。サスペンションアームがスライダーを押圧する力を25mNとして、磁気ディスクをグライドヘッドに対して線速度10m/sec. で回転したとき、グライドヘッドの浮上高さがグライドヘッドのスライディングレール後端の高さで約10nm、浮上ピッチ角が約 $295 \mu\text{rad}$ . であった。

[0038] 上の説明で、荷重点67がスライディングレール30間の実質上中央線上に位置する。」と述べた。荷重点67が中央線からスライダー幅の1/10内に位置するときにはグライドヘッドのロール角を $\leq 10 \mu\text{rad}$ . 内に保つことができる。また、実施例2のグライドヘッドで荷重点67が実質上中央線上でスライダーの前後端間の中央に位置していると説明したが、荷重点67が実質上中央線上で上流浮上面後端から下流浮上面長さだけ前方へ進んだ位置から、上流浮上面後端から溝幅の半分の距離だけ後方に行った位置までの間に位置することができる。

[0039] 浮上ピッチ角に及ぼす上流浮上面長さの浮上面全長に対する比率の影響  
実施例2のグライドヘッドで横方向に設けられた溝の幅(スライディングレール長さ方向の長さ)を変えて、上流浮上面長さの浮上面全長に対する比率を0.52から0.95まで変えたグライドヘッドを準備した。サスペンションアームがグライドヘッドを押圧する力を25mNとして、磁気ディスクをグライドヘッドに対して線速度10m/sec. で回転させて、各グライドヘッドの浮上ピッチ角を測定した。ここで求めた浮上ピッチ角( $\mu\text{rad}$ . )を、上流浮上面長さの浮上面全長に対する比率との関係で図10にグラフで示す。溝の幅を変えることによって浮上ピッチ角を約 $70 \mu\text{rad}$ . から約 $295 \mu\text{rad}$ . まで変えることができる。上流浮上面長さ/浮上面全長が0.67未満あるいは0.91を超えているとカーブの勾配が急で、少しの上流浮上面長さ/浮上面全長の変化によって浮上ピッチ角が急に変わる、また上流浮上面長さ/浮上面全長が0.91を超えると浮上ピッチ角が不安定となるので適当でない。上流浮上面長さ/浮上面全長が0.6

7から50.91の範囲で大きな浮上ピッチ角が得られ、その変化も少ない。上流浮上面長さ／浮上面全長が0.75から0.85の範囲では上流浮上面長さ／浮上面全長の変化に対して浮上ピッチ角が特に安定しているのでより好ましい。

[0040] 出力電圧に及ぼす浮上ピッチ角の影響

実施例2のグライドヘッドについて130 $\mu$ rad. から400 $\mu$ rad. 間で離れた浮上ピッチ角をそれぞれもった5グループのグライドヘッドを準備した。各グループは5本のグライドヘッドから構成されていた。各グループの浮上ピッチ角の平均値が130 210 260 340 400 $\mu$ rad. であり、各グループ内の浮上ピッチ角が $\pm 5\mu$ rad. 内に分布していた。グライドヘッドへの荷重を変えてバンプディスクからのグライドヘッドの浮上高さが10 $\mu$ mになるように調整した。使用したバンプディスクに設けられたアルミナ突起(欠陥)は直径1 $\mu$ mで高さ11nmの円柱形をしていた。各グライドヘッドについて圧電素子トランスデューサーの出力電圧を測定し、出力電圧(V)を浮上ピッチ角( $\mu$ rad.)に対して描いたグラフを図11に示す。図11の出力電圧のグラフは各浮上ピッチ角をもつグライドヘッドグループの出力電圧の平均値でプロットしている。なお、ここで測定した出力電圧は圧電素子からの出力電圧を500倍にアンプで増幅して求めた。図11の出力電圧を図5の出力電圧と比べると、図11の出力電圧は図5の出力電圧の約1.5倍となっている。これは実施例1のグライドヘッドでは荷重点の位置を変えて浮上ピッチ角を大きくしていたのに対して実施例2のグライドヘッドでは荷重点の位置を固定しているので、荷重点からスライディングレール後端のディスク欠陥を検出するところまでの距離が実施例1のグライドヘッドよりも長くなっており欠陥による回転トルクをより大きくできたので、出力電圧がより大きくなり感度を向上できたものと考えられる。

実施例3

[0041] 本発明の実施例3のグライドヘッドを図12(A)から(E)の底面図で示している。実施例3のグライドヘッドは実施例2のものからスライディングレールの構造で遠っているので、スライディングレールについてここで述べる。図12(A)に示すグライドヘッドでは、2本のスライディングレール30"それぞれがスライダー先端から荷重点67までの領域にある上流浮上面32"と荷重点67からスライダー後端までの領域にある下

流浮上面34''とに様方向に設けられた溝36aによって分けられている。しかし、溝36aに切り残しがあって上流浮上面32''と下流浮上面34''とが切り残された細いブリッジングレール38aによって一部分接続されている。ブリッジングレール38aの上面が浮上面として働くが、その幅がスライディングレール30''の幅の20%未満では浮上ピッチ角に大きな影響がない。例えば、ブリッジングレールを持たない実施例2のグライドヘッドの浮上ピッチ角が $295\mu\text{rad}$ となる条件下で、ブリッジングレール幅/スライディングレール幅が5から10%の範囲のブリッジングレールを持つグライドヘッドでは実施例2のグライドヘッドよりも数はrad.の浮上ピッチ角の減少があり、スライディングレール幅の15%の幅をしたブリッジングレールを持つグライドヘッドでは実施例2のグライドヘッドよりも浮上ピッチ角が30から50 $\mu\text{rad}$ 、小さくなった。

- [0042] 図12(A)に示すグライドヘッドではブリッジングレール38aがスライディングレール30''の外側面に沿って設けられている。図12(B)に示すグライドヘッドではブリッジングレール38bがスライディングレール30''の幅中央に設けられていて、図12(C)に示すグライドヘッドではブリッジングレール38cがスライディングレール30''の内側の側面に沿って設けられている。図12(D)に示すグライドヘッドではブリッジングレール38dがスライディングレール30''の内側側面から外側面を繋ぐように設けられている。図12(E)に示すグライドヘッドでは円弧となった溝36eによって切り残されたブリッジングレール38eがスライディングレール30''の外側面に沿って設けられている。図12(B)から(E)に示しているいずれのグライドヘッドにおいても、図12(A)のグライドヘッドと同じ働きがある。しかし両スライディングレール30''に設けられたブリッジングレール38a～38eがグライドヘッドのロール角を小さく維持するために荷重点を通る中央線に関して対称となっていることが好ましい。

#### 実施例 4

- [0043] 本発明の実施例4のグライドヘッドを、底面から見た斜視図で図13に示している。実施例4のグライドヘッドは実施例2のものからスライディングレールの下流浮上面34'の構造において遠っているので、スライディングレール30'についてここで述べる。2本のスライディングレール30'それぞれがスライダー先端14から荷重点67までの領域にある上流浮上面32'と荷重点67からスライダー後端16までの領域にある



下流浮上面34' とに様方向に設けた溝36によって分けられている。上流浮上面32' が浮上面に対して0.3から1.0°の角度を持ったテーパ面321' をそれぞれの先端から持っている。レール後端にある面取り部341' は約20°の角度で揚力に寄与しないので下流浮上面34' に含めない。下流浮上面34' の後端34e' が上流浮上面32' の幅の約130%と広くなっている。しかし、下流浮上面先端の幅が上流浮上面幅と同じになっていて、しかも上流浮上面に比べて下流浮上面が短いので、下流浮上面後端の幅が広がっていても浮上ピッチ角に大きな影響がない。実施例4のグライドヘッドを実施例2のものと浮上ピッチ角を比べると大きな違いがなかった。しかし、下流浮上面後端幅を広くした実施例4のグライドヘッドではバンプディスクを検査するのに要する時間を30%短くすることができた。

#### 実施例 5

- [0044] 本発明の実施例5のグライドヘッドを、底面から見た斜視図で図14に示している。実施例5のグライドヘッドは実施例2のものからスライディングレールの上流浮上面先端の構造で遠っている。上流浮上面先端から0.08mmの長さの部分に浮上面から0.8μm低くなった流入平坦面323' が形成されている。さらに下流浮上面後端34e' の幅が上流浮上面幅の約160%となっている。流入平坦面323' が上流浮上面32' として働き、流入平坦面323' を上流浮上面32' の一部として扱うことができる。このグライドヘッドは実施例2のグライドヘッドと同じ程度の浮上ピッチ角が得られた。また下流浮上面後端34e' の幅が広がっているので磁気ディスクを検査するのに要する時間を約40%短縮することができた。

#### 産業上の利用分野

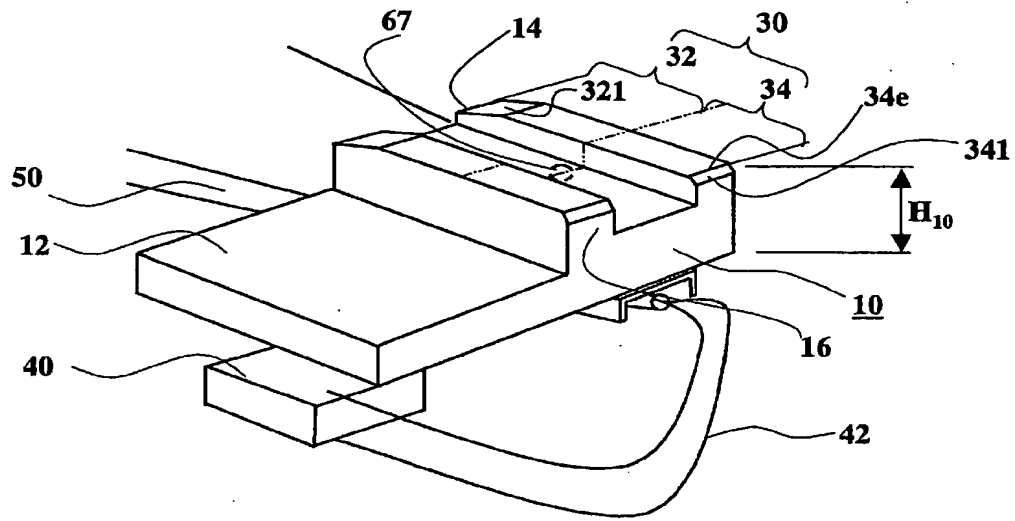
- [0045] 本発明によって、ハードディスク装置に用いられる磁気ディスクの欠陥を検出するためのグライドヘッドの感度を向上するとともに寿命を延ばすことができる。ハードディスク装置の高容量化と小型化との趨勢のために、12nm以下の浮上高さが磁気ヘッドスライダーに要求されるようになり、それにともない8nm以下の磁気ディスク欠陥を検出するための高感度のグライドヘッドを必要としている。それとともに、磁気ディスク検査を効率化するために長寿命のグライドヘッドが要求されている。これらの要求に本発明のグライドヘッドは合致したものである。

## 請求の範囲

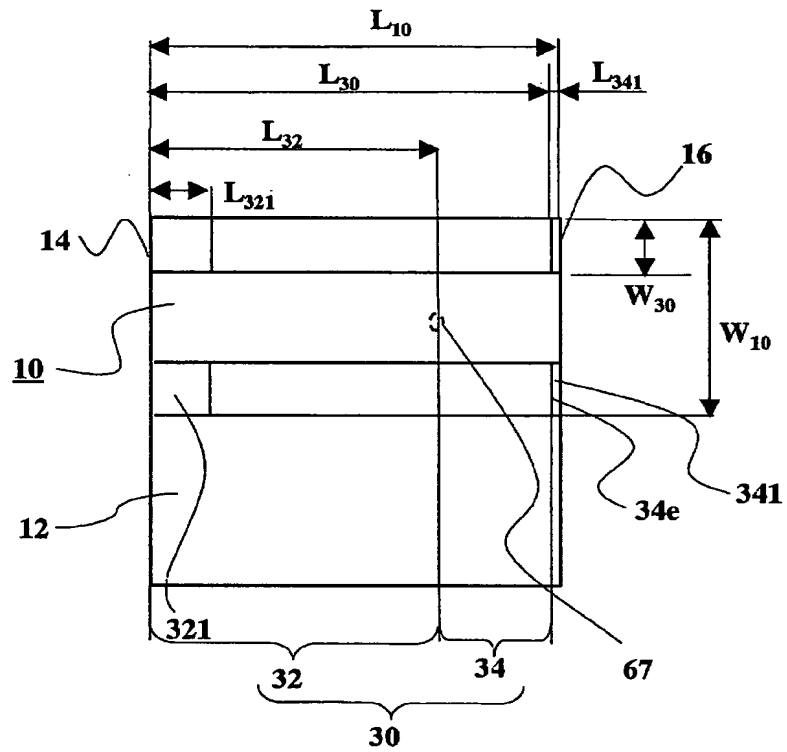
- [1]      サスペンションアームと、  
スライダー背面をフレキシャーを介してサスペンションアーム先端に弾性的に取り付けられているとともに、スライダー背面の荷重点にフレキシャーに設けられたピボットによってサスペンションアームからの押圧力が加えられているスライダーと、を有し、そのスライダーは、  
背面と反対の下面に、下面から突出するとともにスライダー先端からスライダー後端まで間隔を開けて平行に延びており、磁気ディスク上の欠陥と遭遇するセンサーとして機能する後端をスライダー後端近くにある2本のスライディングレールと、  
背面に取り付けられた、欠陥による機械的エネルギーを電気信号へ変換するトランスデューサーと、  
2本のスライディングレール間の実質土中央線上にある荷重点とを持ち、  
各スライディングレールはスライダーの浮上ピッチ角が $14.0$ から $38.0\mu\text{rad}$ . となるように、スライダー先端から荷重点までの領域にある上流浮上面と荷重点からスライダー後端までの領域にある下流浮上面とを持っている磁気ディスク用グライドヘッド。
- [2]      各スライディングレールの上流浮上面長さが、上流浮上面長さの下流浮上面長さとの合計対比で $0.67$ から $0.91$ である請求項1記載の磁気ディスク用グライドヘッド
- [3]      上流浮上面が下流浮上面に連続している請求項2記載の磁気ディスク用グライドヘッド
- [4]      2本のスライディングレールが横方向に設けられた溝によってそれぞれ上流浮上面と下流浮上面とに分けられている請求項2記載の磁気ディスク用グライドヘッド
- [5]      上流浮上面が浮上面から $0.3$ から $1.0^\circ$ の角度を持ったテーパ面をその先端から持っている請求項1記載の磁気ディスク用グライドヘッド

- [6] 下流浮上面がスライディングレールの後端に向かって広がっており、2本のスライディングレール後端の合計幅が2本のスライディングレール外側面間距離の $1/2$ 以上である請求項1記載の磁気ディスク用グライドヘッド。
- [7] 磁気ディスクとの相対線速度: 8から16m/sec、  
浮上高さ: 1から15nm、  
サスペンションアームの押圧力: 9.8から58.8mNの条件下で  
測定された値が前記浮上ピッチ角である請求項1記載の磁気ディスク用グライドヘッド。

[図1]

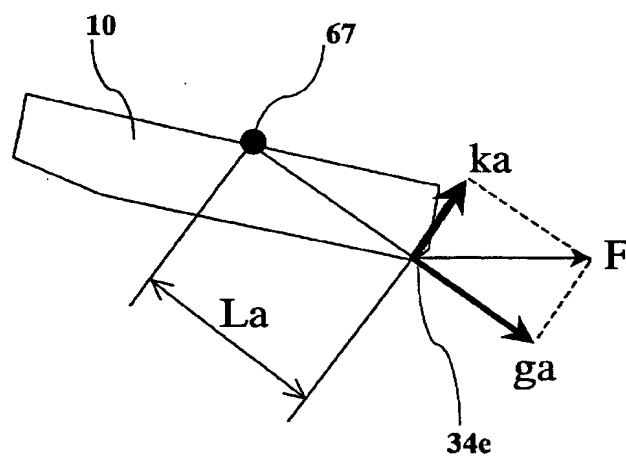


[図2]

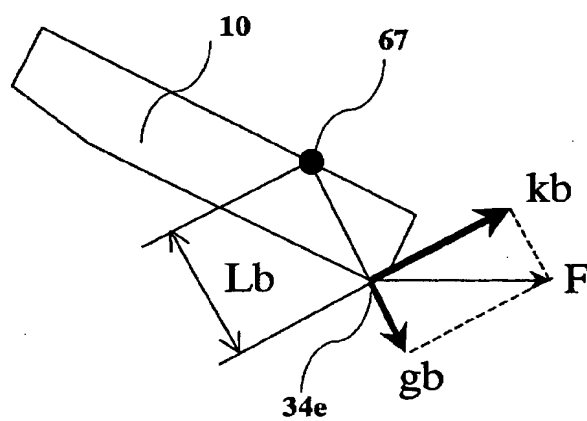


[図3]

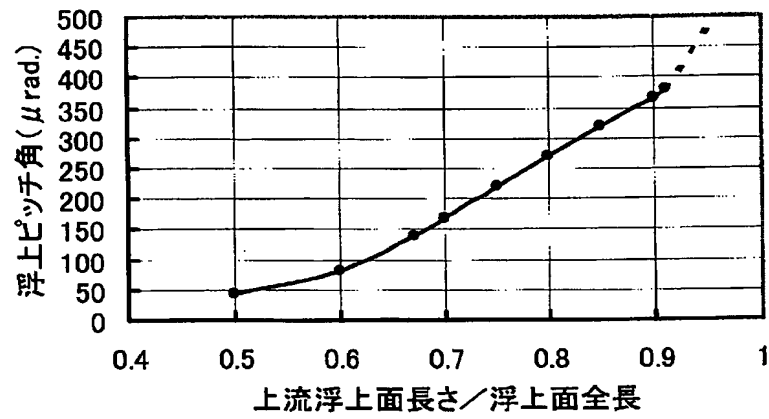
(A)  $T_a = L_a \times k_a$



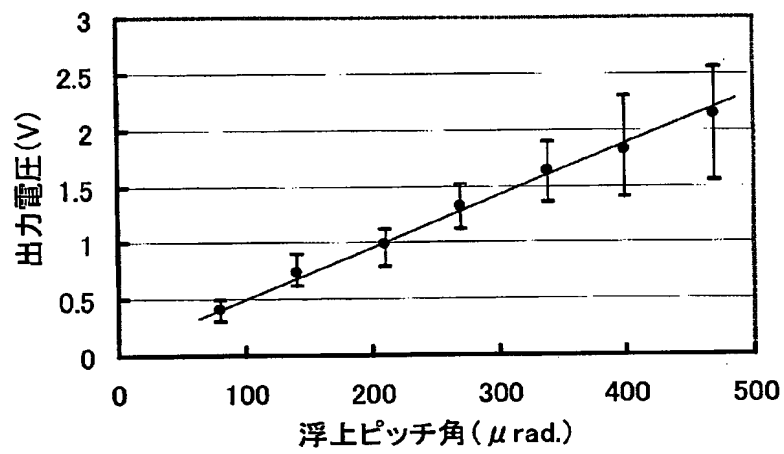
(B)  $T_b = L_b \times k_b$



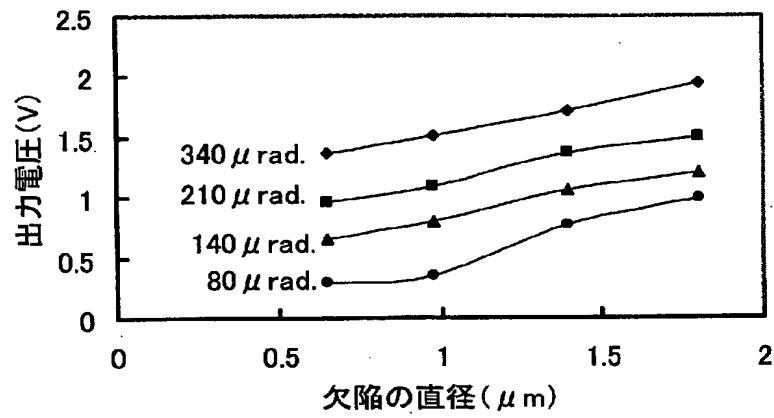
[図4]



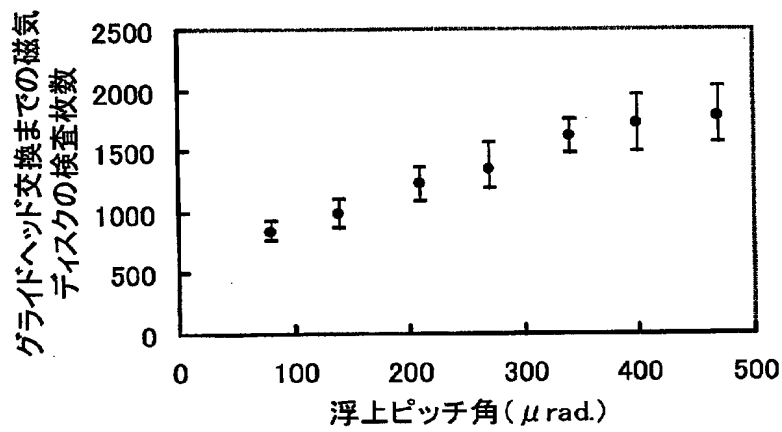
[図5]



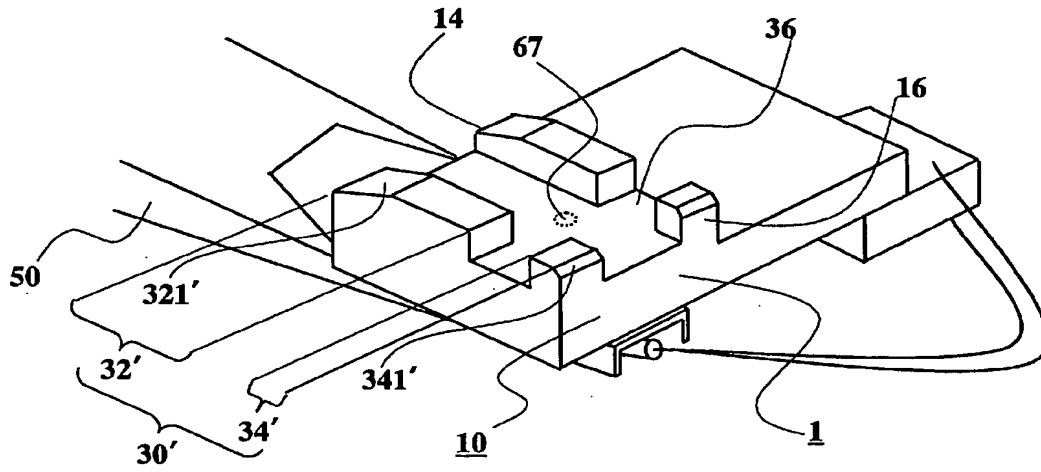
[図6]



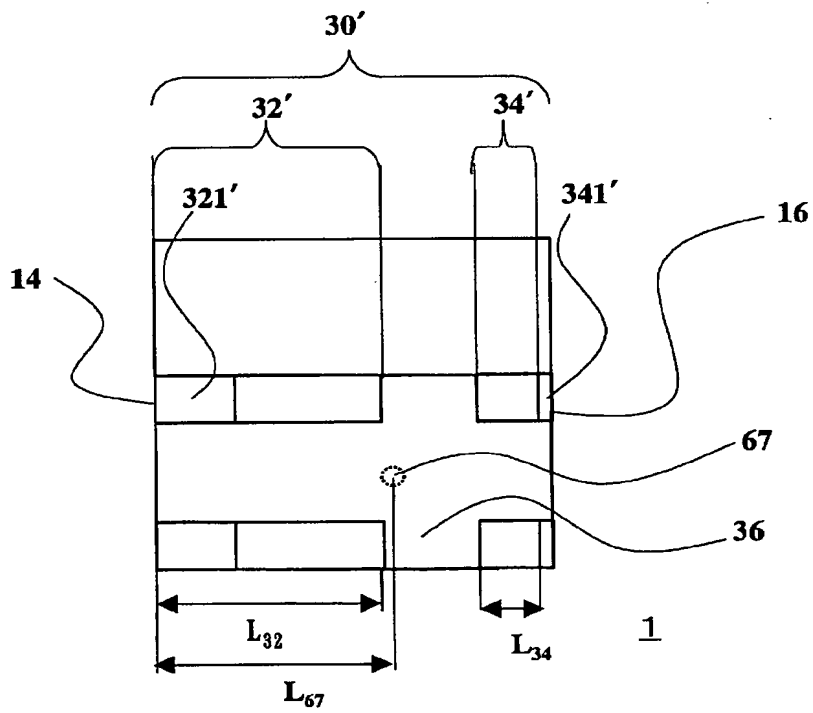
[図7]



[図8]

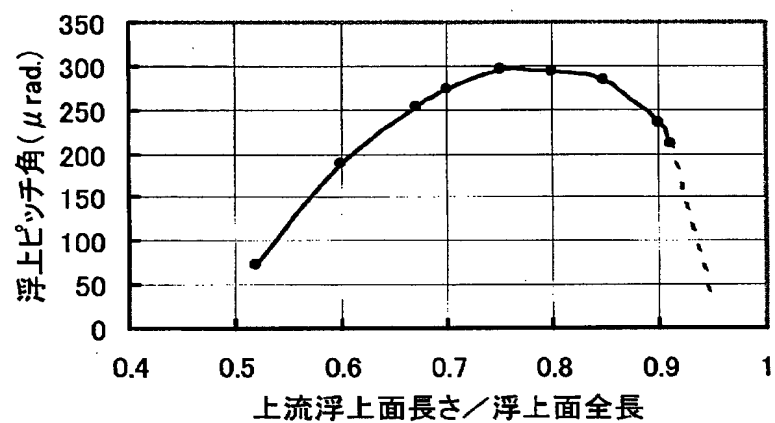


[図9]

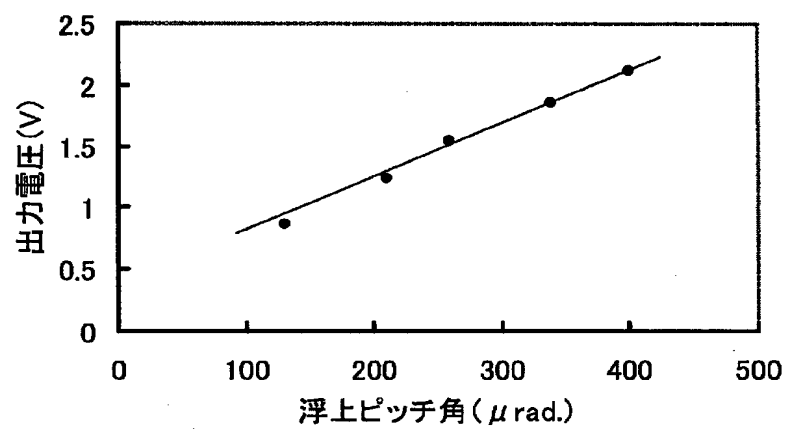




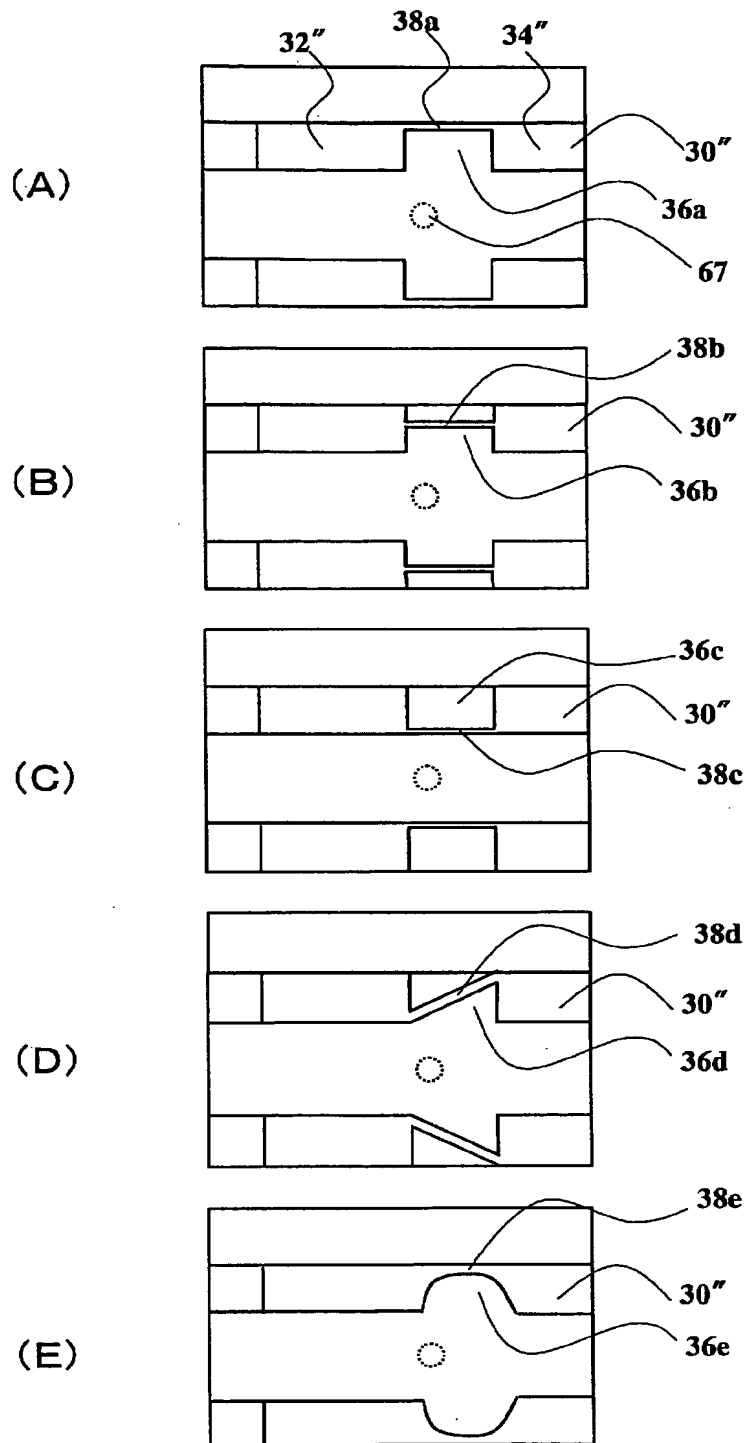
[図10]



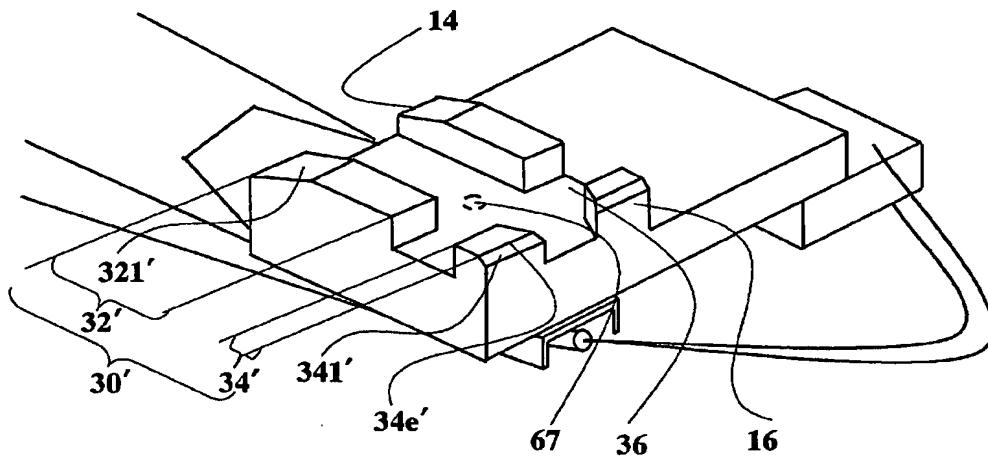
[図11]



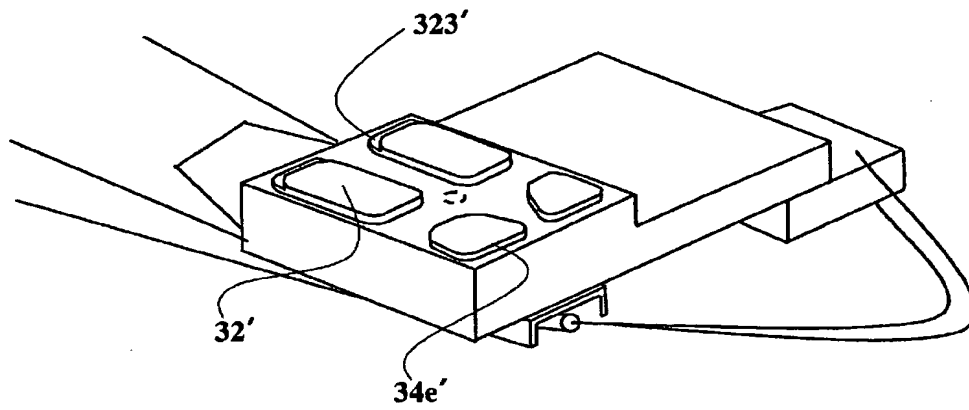
[図12]



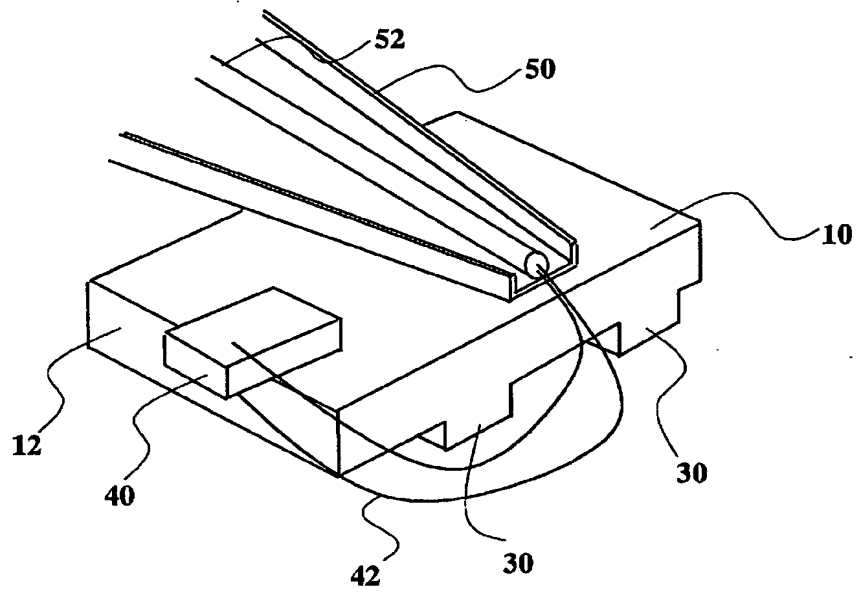
[図13]



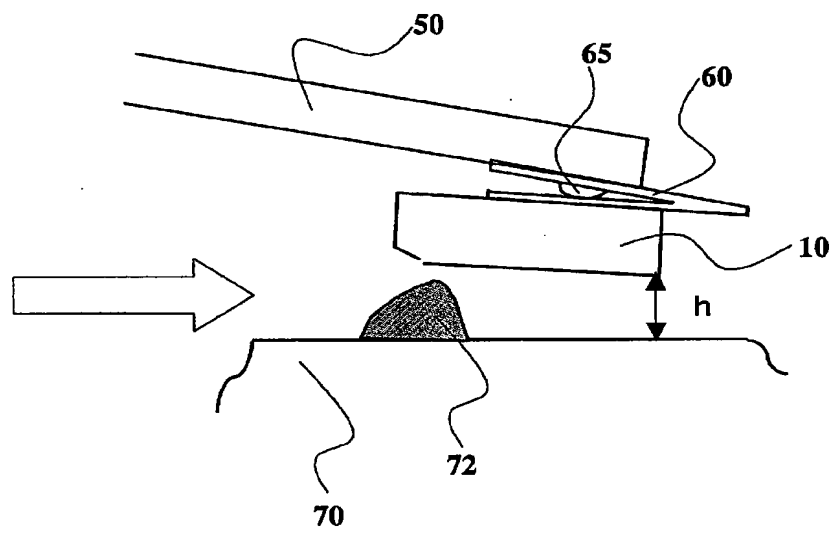
[図14]



[図15]



[図16]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern tional applic tion No.

PCT/JP2005/014742

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**G11B21/21** (2006.01), **5/84** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**G11B21/21** (2006.01), **5/84** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2005
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2005	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho
								1994-2005

Electronic database consulted during the international search (name of database and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-190109 A (Hitachi Metals, Ltd.), 05 July, 2002 (05.07.02), Par. Nos. [0027] to [0036]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-7
Y	JP 2003-030944 A (Fujitsu Ltd.), 31 January, 2003 (31.01.03), Par. Nos. [0043] to [0049]; Fig. 2 & US 2003/026015 A1	1-7
Y	JP 07-111053 A (Toshiba Corp.), 25 April, 1995 (25.04.95), Full text; Figs. 17, 18, 23 & US 6021024 A	4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of official completion of the international search  
17 November, 2005 (17.11.05)Date of mailing of the international search report  
29 November, 2005 (29.11.05)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2005/014742

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G11B21/21 (2006.01), 5/84 (2006.01)

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G11B21/21 (2006.01), 5/84 (2006.01)

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2002--190109 A (日立金属株式会社) 2002.07.05, 段落0027-0036、第1-3図 (ファミリーなし)	1-7
Y	J P 2003--030944 A (富士通株式会社) 2003.01.31, 段落0043-0049、第2図 & U S 2003/026015 A1	1-7
Y	J P 07-111053 A (株式会社東芝) 1995.04.25, 全文、第17、18、23図 & U S 6021024 A	4

r c 欄の続きにも文献が列挙されている。

π パテントファミリーに関する別紙を参照。

引用文献のカテゴリー	の目の役に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「R」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「I&J」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

17.11.2005

国際調査報告の発送日

29.11.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 重幸

電話番号 03-3581-1101 内線 3591

SQ

9653